

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer Phase einer Brennkraftmaschine

5

Verfahren und Vorrichtung zum Ermitteln einer Phase einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt, einem Abgastrakt und mindestens einer Nockenwelle, die auf Gaswechselventile einwirkt und deren Phase zu einer Kurbelwelle mittels einer  
10 Phasen-Verstelleinrichtung verstellbar ist.

An Brennkraftmaschinen werden zunehmend hohe Anforderungen bezüglich deren Leistung und Wirkungsgrad gestellt. Gleichzeitig müssen aufgrund strenger gesetzlicher Vorschriften die  
15 Schadstoff-Emissionen gering sein. Zu diesem Zweck ist es bekannt, Brennkraftmaschinen mit einer Phasen-Verstelleinrichtung auszustatten, mittels der eine Phase zwischen einer Kurbelwelle und einer Nockenwelle der Brennkraftmaschine während des Betriebs verändert werden kann. Somit  
20 kann der jeweilige Beginn und das jeweilige Ende des Öffnens bzw. Schließens der Gaseinlass- und/oder der Gasauslassventile bezogen auf einen Referenzpunkt auf der Kurbelwelle verändert werden. Auf diese Weise kann eine Füllung eines Zylinders mit Gas verändert werden, insbesondere kann so ein in-  
25 ternes Rückführen von Abgas in den jeweiligen Zylinder realisiert werden.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, ein Verfahren und eine Vorrichtung zum Ermitteln einer Phase einer Brennkraftmaschine  
30 zu schaffen, das ein präzises Ermitteln der Phase ermöglicht.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Merkmale der unabhängigen Patentansprüche. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

35

Die Erfindung zeichnet sich aus durch ein Verfahren und eine entsprechende Vorrichtung zum Ermitteln einer Phase einer

Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt, einem Abgastrakt und mindestens einer Nockenwelle, die auf Gaswechselventile einwirkt und deren Phase zu einer Kurbelwelle mittels einer Phasen-Verstelleinrichtung verstellbar ist, mit mindestens

5 einem Sensor, abhängig von dessen Messsignal eine ermittelte Phase ermittelt wird. Die Phasen-Verstelleinrichtung wird so lange im Sinne eines Verstellens der Phase der Nockenwelle angesteuert, bis eine Rückströmung von Gas aus dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt erkannt wird. Abhängig von der dann

10 zugeordneten ermittelten Phase und einer vorgegebenen Vorgabe-Phase wird ein Korrekturwert ermittelt. Im folgenden Betrieb wird die jeweils ermittelte Phase abhängig von dem Korrekturwert korrigiert.

15 Die Phase ist repräsentativ für einen Winkel zwischen je einer Bezugsmarke auf der jeweiligen Nockenwelle und der Kurbelwelle in beispielsweise einer vorgegebenen Winkelposition der Kurbelwelle, die beispielsweise ein oberer Totpunkt bei Zündung eines Kolbens eines Zylinders sein kann, aber auch

20 eine beliebige andere vorgegebene Winkelposition der Kurbelwelle sein kann. Der oder die Sensoren, abhängig von deren Messsignal die ermittelte Phase ermittelt wird, sind häufig inkrementelle Sensoren, wie Hall-Sensoren, mit einem Zahnrad als Geber. Toleranzen in der Anordnung des oder der Sensoren,

25 Verschleiß und/oder Alterung der Verstelleinrichtung führen zu einer ungenauen oder veränderten Zuordnung des/der Messsignale des oder der Sensoren und somit zu Fehlern in der ermittelten Phase.

30 Durch das Verstellen der Phasen-Verstelleinrichtung in geeigneter Weise kann ein Betriebspunkt der Brennkraftmaschine erreicht werden, bei dem eine Rückströmung von Gas von dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt erfolgt. Unter der Rückströmung des Gases ist zu verstehen, dass in dem Auslasstrakt befind-

35 liches Gas während des Arbeitszyklusses der Brennkraftmaschine von dem Auslasstrakt zurückströmt in den Ansaugtrakt.

Die Erfindung nutzt hierbei die Erkenntnis, dass die Phase, bei der diese Rückströmung beginnt aufzutreten, bekannt ist für die jeweilige Brennkraftmaschine oder den jeweiligen Brennkraftmaschinentyp. Somit kann mit dem Erkennen der Rückströmung eine korrekte Phase, die Vorgabe-Phase, zugeordnet werden. Abhängig von der Vorgabe-Phase und der bei erkannter Rückströmung von Gas aus dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt ermittelten Phase kann dann ein Korrekturwert ermittelt werden und so im folgenden Betrieb, bei gegebenenfalls anderer Ansteuerung der Phasen-Verstelleinrichtung, die dann jeweils ermittelte Phase abhängig von dem Korrekturwert korrigiert werden. Dies ermöglicht dann ein sehr präzises Steuern der Brennkraftmaschine.

Gemäß einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt erkannt abhängig von einem Saugrohrdruck. Dies hat den Vorteil, dass ein häufig ohnehin vorhandener Saugrohrdrucksensor einfach eingesetzt werden kann, um die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt zu erkennen.

In diesem Zusammenhang ist es vorteilhaft, wenn die Rückströmung von dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt erkannt wird, wenn der Saugrohrdruck unter vorgegebenen Betriebsbedingungen einen vorgebbaren Saugrohrdruck-Schwellenwert überschreitet. Auf diese Weise kann die Rückströmung besonders einfach erkannt werden. Die vorgegebenen Betriebsbedingungen sind bevorzugt so vorgegeben, dass der Saugrohrdruck vor und während der Rückströmung des Gases genügend präzise bestimmbar ist und sich bevorzugt ohne Rückströmung nicht wesentlich ändert. Somit kann es vorteilhaft sein, wenn die vorgegebenen Betriebsbedingungen beispielsweise einen stationären Betriebszustand der Brennkraftmaschine einschließen.

35

Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Rückströmung von dem Auslasstrakt in den An-

saugtrakt erkannt, wenn eine Amplitude einer Pulsation des Saugrohrdrucks einen vorgebbaren Pulsationsschwellenwert überschreitet. Die Pulsation ist eine Schwingung des Saugrohrdrucks mit einer Frequenz, die abhängt von der Drehzahl und 5 der Anzahl der Zylinder. Diesem Vorgehen liegt die Erkenntnis zugrunde, dass bei der Rückströmung eine derartige Pulsation auftritt und somit die Rückströmung auf diese Weise besonders präzise erkannt werden kann.

10 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Rückströmung des Gases von dem Auslassstrakt in den Ansaugtrakt erkannt, abhängig von einer Temperatur des Gases in dem Ansaugtrakt. Auf diese Weise wird die Erkenntnis genutzt, dass die Temperatur des Gases in dem Ansaugtrakt 15 durch heiße, rückströmende Gase sich erhöht. So kann somit einfach ein gegebenenfalls ohnehin für andere Zwecke vorhandener Temperatursensor in dem Ansaugtrakt für die Zwecke des Erkennens der Rückströmung des Gases von dem Auslassstrakt in den Ansaugtrakt genutzt werden.

20 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Rückströmung von dem Auslassstrakt in den Ansaugtrakt erkannt, wenn die Temperatur des Gases in dem Ansaugtrakt einen vorgebbaren Temperaturschwellenwert über- 25 schreitet. So kann die Rückströmung besonders einfach ermittelt werden. So ist ein besonders frühes Erkennen möglich, ohne dass notwendigerweise eine große Menge an Abgas in den Ansaugtrakt zurückströmt.

30 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Rückströmung des Gases von dem Auslassstrakt in den Ansaugtrakt erkannt abhängig von einer Temperatur des Gases in dem Auslassstrakt. Die Rückströmung wird erkannt, wenn während eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine ohne 35 Zumessung von Kraftstoff die erfasste Temperatur von einem Wert, der repräsentativ ist für das Nicht-Vorhandensein von

Abgasen, sich zu einem Wert verändert, der repräsentativ ist für das Vorhandensein von Abgasen.

5 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung wird die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt erkannt, wenn die Temperatur des Gases im Auslasstrakt einen vorgebbaren weiteren Temperaturschwellenwert überschreitet.

10 Gemäß einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung ist der Brennkraftmaschine ein Gasartsensor in dem Auslasstrakt zugeordnet, dessen Messsignal repräsentativ ist für ein Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein von Abgasen im Bereich des Gasartsensors. Die Rückströmung wird erkannt, wenn 15 während eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine ohne Zumessung von Kraftstoff das Messsignal des Gasartsensors von einem Messsignalwert, der repräsentativ ist für das Nicht-Vorhandensein von Abgasen, sich zu einem Messsignalwert verändert, der repräsentativ ist für das Vorhandensein von Abgasen. Der Gasartsensor kann z. B. eine Lambda-Sonde, und zwar 20 eine Zweipunkt- oder eine lineare Lambda-Sonde sein. Ein derartiger Gasartsensor, also insbesondere eine Lambda-Sonde, ist in Brennkraftmaschinen für eine Lambda-Regelung in der Regel ohnehin vorhanden und kann so einfach für die Zwecke 25 des Erkennens der Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt einfach genutzt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind im Folgenden anhand der schematischen Zeichnungen erläutert. Es zeigen:

30 Figur 1 eine Brennkraftmaschine mit einer Steuervorrichtung,

Figur 2 eine weitere Ansicht von Teilen der Brennkraftmaschine gemäß Figur 1,

35 Figur 3 ein Ablaufdiagramm eines ersten Programms zum Ermitteln einer ermittelten Phase,

Figur 4 ein Ablaufdiagramm eines zweiten Programms zum Ermitteln der ermittelten Phase und

5 Figur 5 ein Ablaufdiagramm eines dritten Programms zum Ermitteln der ermittelten Phase.

Elemente gleicher Konstruktion oder Funktion sind figuren-übergreifend mit den gleichen Bezugszeichen gekennzeichnet.

10

Eine Brennkraftmaschine (Figur 1) umfasst einen Ansaugtrakt 1, einen Motorblock 2, einen Zylinderkopf 3 und einen Auslasstrakt 4. Der Ansaugtrakt 1 umfasst vorzugsweise eine Drosselklappe 5, ferner einen Sammler 6 und ein Saugrohr 7, 15 das hin zu einem Zylinder Z1 über einen Einlasskanal in den Motorblock 2 geführt ist. Der Motorblock 2 umfasst ferner eine Kurbelwelle 8, welche über eine Pleuelstange 10 mit dem Kolben 11 des Zylinders Z1 gekoppelt ist.

20 Der Zylinderkopf 3 umfasst einen Ventiltrieb mit Gaswechselventilen, die Gaseinlassventile 12 und Gasauslassventile 13 sind, und diesen zugeordnete Ventilantriebe 14, 15.

Eine Nockenwelle 18 ist vorgesehen, die einen Nocken 16 umfasst, der auf das Gaseinlassventil 12 einwirkt. Eine Phasen-Verstelleinrichtung 20 (Figur 2) ist vorgesehen, mittels der eine Phase zwischen der Kurbelwelle 8 und der Nockenwelle 18 verstellt werden kann. Dieses Verstellen der Phase kann beispielsweise erfolgen durch Erhöhen eines hydraulischen Drucks 25 in Hochdruckkammern der Phasen-Verstelleinrichtung 20 beziehungsweise Erniedrigen des entsprechenden Drucks, je nachdem in welche Richtung die Verstellung der Phase erfolgen soll. Ein möglicher Verstellbereich der Phase ist mit einem Pfeil 30 21 gekennzeichnet.

Bevorzugt sind mindestens zwei Nockenwellen 18, 18' vorgesehen, wobei eine erste Nockenwelle 18 den jeweiligen Gaseinlassventilen 12 und eine zweite Nockenwelle 18' den jeweiligen Gasauslassventilen 13 zugeordnet ist. Insbesondere die zweite Nockenwelle 18' kann in einer einfachen Ausführungsform mit einer feststehenden Phase zu der Kurbelwellen 8 mit dieser mechanisch gekoppelt sein. Sie kann jedoch auch über eine entsprechende Phasen-Verstelleinrichtung mit der Kurbelwelle 8 gekoppelt sein. In diesem Fall kann dann auch die Phase der zweiten Nockenwelle 18' verändert werden.

Durch das Variieren der Phase zwischen der Kurbelwelle 8 und der Nockenwelle 18 kann die Ventilüberschneidung des Gaseinlassventils 12 und des Gasauslassventils 13 verändert werden, das heißt der Kurbelwellenwinkelbereich, während dessen sowohl ein Einlass als auch ein Auslass des Zylinders Z1 freigegeben wird. Die Phasen-Verstelleinrichtung 20 und auch die Ventilhub-Verstelleinrichtung 19 können auch auf eine beliebige andere dem zuständige Fachmann bekannte Art und Weise ausgebildet sein.

Der Zylinderkopf 3 umfasst ferner ein Einspritzventil 22 und eine Zündkerze 23. Alternativ kann das Einspritzventil 22 auch in dem Saugrohr 7 angeordnet sein.

Eine Steuervorrichtung 25 ist vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Messgrößen erfassen und jeweils den Wert der Messgröße ermitteln. Die Steuervorrichtung 25 ermittelt abhängig von mindestens einer der Messgrößen Stellgrößen, die dann in ein oder mehrere Stellsignale zum Steuern der Stellglieder mittels entsprechender Stellantriebe umgesetzt werden. Die Steuervorrichtung 25 kann auch als Vorrich-

tung zum Steuern der Brennkraftmaschine oder auch als Vorrichtung zum Ermitteln der Phase der Brennkraftmaschine bezeichnet werden.

- 5 Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 26, welcher eine Fahrpedalstellung eines Fahrpedals 27 erfasst, ein Luftmassensensor 28, welcher einen Luftmassenstrom stromaufwärts der Drosselklappe 5 erfasst, ein Drosselklappenstellungssensor 30, welcher einen Öffnungsgrad einer Drosselklappe erfasst,
- 10 ein erster Temperatursensor 32, welcher eine Temperatur  $T_{IM}$  des Gases in dem Ansaugtrakt 1 erfasst, ein Saugrohrdrucksensor 34, welcher einen Saugrohrdruck  $P_{IM}$  in dem Sammler 6 erfasst, ein Kurbelwellenwinkelsensor 36, welcher einen Kurbelwellenwinkel CRK erfasst, dem dann eine Drehzahl zugeordnet
- 15 wird. Ferner ist ein Nockenwellenwinkel-Sensor 39 vorgesehen, welcher einen Nockenwellenwinkel CAM erfasst. Falls zwei Nockenwellen vorhanden sind ist bevorzugt jeder Nockenwelle ein Nockenwellenwinkel-Sensor 39, 40 zugeordnet. Ferner ist ein Gasartsensor, insbesondere eine Lambdasonde 42 vorgesehen,
- 20 welche einen Sauerstoffgehalt des Gases in dem Auslasstrakt erfasst und deren Messsignal charakteristisch ist für das Luft/Kraftstoff-Verhältnis in dem Zylinder Z1, wenn in dem Zylinder eine Verbrennung von Kraftstoff erfolgt. Es kann auch ein eigener Sensor zum Erfassen der ermittelten Phase
- 25  $PH_E$  vorgesehen sein. Bevorzugt wird der mindestens eine Sensor zum Erfassen der ermittelten Phase  $PH_E$  jedoch durch den Nockenwellenwinkelsensor 39, 40 und/oder den Kurbelwellenwinkelsensor 36 gebildet.
- 30 Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untergruppe der genannten Sensoren vorhanden sein oder es können auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein.

Die Stellglieder sind beispielsweise die Drosselklappe 5, die Gaseinlass- und Gasauslassventile 12, 13, die Phasen-Verstelleinrichtung 20, das Einspritzventil 22 oder die Zündkerze 23.

5

Neben dem Zylinder Z1 sind bevorzugt auch noch weitere Zylinder Z2 bis Z4 vorgesehen, denen dann auch entsprechende Stellglieder und ggf. Sensoren zugeordnet sind.

- 10 Ein Programm zum Ermitteln der Phase der Brennkraftmaschine ist in einem Programmspeicher der Steuervorrichtung 25 gespeichert und kann während des Betriebs der Brennkraftmaschine abgearbeitet werden. Ein erstes derartiges Programm wird in einem Schritt S1 (Figur 3) gestartet. In dem Schritt S1
- 15 werden gegebenenfalls Variablen initialisiert.

In einem Schritt S2 wird der Saugrohrdruck  $P_{IM}$  erfasst. In einem Schritt S4 wird ein Saugrohrdruck-Schwellenwert abhängig bevorzugt von dem Saugrohrdruck  $P_{IM}$  und gegebenenfalls weiteren Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine ermittelt. Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine umfassen Messgrößen und auch von diesen abgeleitete Größen. Bevorzugt erfolgt das Ermitteln des Saugrohrdruck-Schwellenwerts mittels einer entsprechenden Kennlinie oder eines Kennfeldes, das vorab durch

- 20 Versuche an einem Motorprüfstand oder Simulationen ermittelt wurde. In einer einfachen Ausgestaltung kann der Saugrohrdruck-Schwellenwert  $TDH_{P_{IM}}$  auch fest vorgegeben sein.

In einem Schritt S6 wird geprüft, ob vorgegebene Betriebsbedingungen  $BB_G$  vorliegen. Die vorgegebenen Betriebsbedingungen können beispielsweise einen weitgehend stationären Betriebszustand und/oder einen Betriebszustand  $BZ_{NF}$  ohne Zu-  
messung von Kraftstoff beinhalten, so z. B. ein Schubbetrieb der Brennkraftmaschine, in dem kein Kraftstoff durch die Einspritzventile 22 in die Zylinder Z1 bis Z4 zugemessen wird. Bevorzugt sind die vorgegebenen Betriebsbedingungen  $BB_G$  so

gewählt, dass ein Verstellen der Phase der ersten Nockenwelle 18 möglichst einen unerheblichen Einfluss auf den Lauf der Brennkraftmaschine und so insbesondere das von ihr erzeugte Drehmoment und gegebenenfalls die durch sie erzeugten Schadstoff-Emissionen hat.

Darüber hinaus kann es vorteilhaft sein, wenn die vorgegebenen Betriebsbedingungen BB\_G auch zeitliche oder Fahrdistanz abhängige Bedingungen umfassen. Diese können beispielsweise 10 darin bestehen, dass die Bedingung des Schrittes S6 nur so oft erfüllt sind, dass lediglich einmal pro Motorlauf ein Korrekturwert KOR\_E der Phase der ersten Nockenwelle ermittelt wird pro Motorlauf oder innerhalb eines sonstigen Zeitintervalls oder auch innerhalb einer vorgegebenen Fahrdistanz 15 eines Fahrzeugs, in dem die Brennkraftmaschine angeordnet ist.

Ist die Bedingung des Schrittes S6 erfüllt, so wird in einem Schritt S8 ein Stellsignal SG\_E für die Phasen- 20 Verstelleinrichtung 20 um einen Inkrementierungswert D\_SG erhöht. Alternativ kann hier auch ein entsprechendes Erniedrigen des Stellsignals SG\_E für die Phasen-Verstelleinrichtung 20 erfolgen. Die Phasen-Verstelleinrichtung 20 wird dann im Sinne dieses veränderten Stellsignals SG\_E angesteuert. Anschließend wird einem Schritt S10 der Saugrohrdruck P\_IM erneut erfasst. Dazu werden bevorzugt mehrere einzelne Messwerte des Saugrohrdrucks erfasst und gemittelt.

In einem Schritt S12 wird dann die ermittelte Phase PH\_E der 30 ersten Nockenwelle 18 abhängig von nach der Durchführung des Schrittes S8 erfassten Kurbelwellenwinkels CRK und Nockenwellenwinkels CAM ermittelt.

In einem Schritt S14 wird anschließend geprüft, ob der in dem 35 Schritt S10 erfasste Saugrohrdruck P\_IM größer ist als der Saugrohrdruck-Schwellenwert THD\_P\_IM. Der Saugrohrdruck-Schwellenwert THD\_P\_IM ist geeignet so vorgegeben, dass bei

seinem Überschreiten in dem Schritt S14 eine Rückströmung von Gas aus dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt vorliegt. Ist die Bedingung des Schrittes S14 nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung in dem Schritt S2 fortgesetzt. Sie kann jedoch in einer gegebenenfalls alternativen Ausführung auch direkt in dem Schritt S6 fortgesetzt werden.

Ist die Bedingung des Schrittes S14 hingegen erfüllt, so wird in einem Schritt S16 der Korrekturwert KOR\_E der Phase der ersten Nockenwelle 18 abhängig von der ermittelten Phase PH\_E der ersten Nockenwelle 18 und einer Vorgabe-Phase PH\_G ermittelt. Die Vorgabe-Phase ist in einem Datenspeicher der Steuervorrichtung 25 abgespeichert und ist der im Wesentlichen korrekte Wert einer tatsächlichen Phase der ersten Nockenwelle 18, wenn die Rückströmung aufgrund des Verstellens der Phase gerade beginnt aufzutreten oder gerade anhand des Vorgehens der Schritte S6 bis S14 erkannt werden kann. Die Vorgabe-Phase PH\_G ist durch entsprechende Berechnungen, Simulationen oder Versuche an einem Motorprüfstand vorab ermittelt.

Das Ermitteln des Korrekturwertes KOR\_E der Phase der ersten Nockenwelle 18 erfolgt in dem Schritt S16 mittels einer geeigneten Rechenvorschrift. So kann er in einer besonders einfachen Ausgestaltung direkt abhängig von der Differenz der ermittelten Phase PH\_E und der Vorgabe-Phase PH\_G ermittelt werden. Die Rechenvorschrift kann jedoch auch eine beliebige Wichtung der Differenz der ermittelten Phase PH\_E und der Vorgabe-Phase PH\_G oder auch ein Einbeziehen eines bei einem vorangegangenen Durchlauf des Programms in dem Schritt S16 ermittelten Korrekturwertes KOR\_E der Phase der ersten Nockenwelle 18 umfassen. Im Anschluss an den Schritt S16 wird das Programm bevorzugt in dem Schritt S2 fortgesetzt. Es kann jedoch auch alternativ direkt in einem Schritt S18 fortgesetzt werden.

Ist die Bedingung des Schrittes S6 nicht erfüllt, so wird in dem Schritt S18 die Phase PH\_E der ersten Nockenwelle 18 ab-

hängig von dem Kurbelwellenwinkel CRK, dem Nockenwellenwinkel CAM und dem Korrekturwert KOR\_E ermittelt. Auf diese Weise kann so die Phase der ersten Nockenwelle mittels der ermittelten Phase PH\_E in dem Schritt S18 jeweils sehr genau ermittelt werden und somit ein präzises Steuern der Brennkraftmaschine gewährleistet werden. Der Schritt S18 wird bevorzugt, zumindest dann, wenn die vorgegebenen Betriebsbedingungen BB\_G des Schrittes S6 nicht vorliegen, während des Betriebs der Brennkraftmaschine in vorgegebenen Zeitabständen oder jeweils nach Ablauf eines vorgebbaren Kurbelwellenwinkels CRK erneut abgearbeitet.

Alternativ oder zusätzlich zu dem Schritt S4 kann ein Schritt S4' vorgesehen sein, in dem ein Pulsationsschwellenwert THD\_PULS ermittelt wird, und zwar bevorzugt ebenfalls abhängig von dem Saugrohrdruck P\_IM und/oder weiteren Betriebsgrößen der Brennkraftmaschine. Der Pulsationsschwellenwert THD\_PULS kann jedoch auch fest vorgegeben sein. Ferner kann dann alternativ oder zusätzlich auch ein Schritt S14' vorgesehen sein, in dem geprüft wird, ob eine Amplitude P\_PULS der Pulsation des Saugrohrdrucks P\_IM größer ist als der Pulsationsschwellenwert THD\_PULS. Die Pulsations-Amplitude P\_PULS wird bevorzugt durch entsprechendes Auswerten mehrerer in dem Schritt S10 einzelner erfasster Messwerte des Saugrohrdrucks P\_IM ermittelt. Der Pulsationsschwellenwert THD\_PULS ist bevorzugt geeignet so gewählt, dass bei seinem Überschreiten ein Rückströmen von Gas aus dem Auslasstrakt in den Ansaugtrakt vorliegt. Entsprechend dem Schritt S14 wird bei Erfülltsein der Bedingung des Schrittes S14' der Schritt S16 abgearbeitet und bei Nicht-Erfülltsein der Schritt S2 oder S6 abgearbeitet. Die Bedingungen des Schrittes S14 und S14' können auch in geeigneter Kombination geprüft werden.

Ein zweites Programm zum Ermitteln der Phase der Brennkraftmaschine wird in einem Schritt S20 gestartet (Figur 4), in dem gegebenenfalls Variablen initialisiert werden. Das zweite Programm und ein weiter unten anhand der Figur 5 noch näher

zu erläuterndes drittes Programm können alternativ zu dem ersten Programm oder auch jeweils in Ergänzung zueinander ausgeführt werden oder auch miteinander kombiniert sein. Im Folgenden sind im Wesentlichen die Unterschiede im Vergleich 5 zu den Schritten des ersten Programms erläutert.

In einem Schritt S22 wird die Temperatur  $T_{IM}$  des Gases in dem Ansaugtrakt 1 ermittelt. In einem Schritt S24 wird anschließend ein Temperatur-Schwellenwert  $THD_{T_{IM}}$  analog zu 10 dem Schritt S4 ermittelt. In einem Schritt S26 wird entsprechend Schritt S6 geprüft, ob die vorgegebenen Betriebsbedingungen  $BB_G$  vorliegen. Ist die Bedingung des Schrittes S26 nicht erfüllt, so wird ein Schritt S38 abgearbeitet, der dem Schritt S18 entspricht. Ist die Bedingung des Schrittes S26 15 hingegen erfüllt, so wird ein Schritt S28 abgearbeitet, der dem Schritt S8 entspricht. In einem Schritt S30 wird dann die Temperatur  $T_{IM}$  des Gases in dem Ansaugtrakt 1 ermittelt. Dies kann analog zu dem Schritt S10 erfolgen. Ein Schritt S32 entspricht einem Schritt S12. In einem Schritt S34 wird ana- 20 log zu dem Schritt S14 geprüft, ob die Temperatur  $T_{IM}$  des Gases in dem Ansaugtrakt größer ist als der Temperatur-Schwellenwert  $THD_{T_{IM}}$ . Ist die Bedingung des Schrittes S34 nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung entsprechend dem Schritt S14 entweder in dem Schritt S22 oder in dem Schritt 25 S26 fortgesetzt. Ist die Bedingung des Schrittes S34 hingegen erfüllt, so wird ein Schritt S36 abgearbeitet, der dem Schritt S16 entspricht.

Bei dem dritten Programm (Figur 5) erfolgt ein Start in einem 30 Schritt S40. In einem Schritt S42 wird geprüft, ob der Betriebszustand  $BZ$  einem Betriebszustand ohne Kraftstoffzumessung  $BZ_{NF}$  entspricht und gegebenenfalls ein erneutes Ermitteln des Korrekturwertes  $KOR_E$  aufgrund des Ablaufs von Zeit oder Fahrdistanzbedingungen erwünscht ist. Bevorzugt wird die 35 Bedingung des Schrittes S42 so häufig geprüft, dass sie jeweils erstmalig geeignet kurz nach dem Beginn des Einnehmens des Betriebszustands  $BZ_{NF}$  ohne Kraftstoffzumessung erfüllt

ist. Sie ist bevorzugt dann erstmalig erfüllt, wenn dann ein in dem nachfolgenden Schritt S44 ermittelter Sauerstoffgehalt O<sub>2</sub> in dem Auslasstrakt repräsentativ ist für ein Nicht-Vorhandensein von Abgasen im Bereich des Gasartsensors 42.

5 Nach einem Abschalten des Zumessens von Kraftstoff durch die Einspritzventile 22 erfolgt keine Verbrennung in den jeweiligen Zylindern Z1 bis Z4 der Brennkraftmaschine mehr und es wird Frischluft von dem Ansaugtrakt in den Auslasstrakt gepumpt. Abhängig von einer Reaktionszeitdauer des Gasartsen-  
10 sors wird dann von dem Gasartsensor 22 ein Sauerstoffgehalt O<sub>2</sub>\_1 erfasst, der repräsentativ ist für das Nicht-Vorhandensein von Abgasen im Bereich des Gasartsensors 42. Dieser Sauerstoffgehalt O<sub>2</sub>\_1 wird in einem Schritt S44 von dem Gasartsensor 42 erfasst.

15

In einem Schritt S46 wird anschließend das Stellsignal SG\_E für die Phasen-Verstelleinrichtung 20 entsprechend dem Schritt S8 verändert. In einem Schritt S48 wird erneut ein weiterer Sauerstoffgehalt O<sub>2</sub>\_2 durch den Gasartsensor 42 erfasst. Ferner wird in einem Schritt S50 die ermittelte Phase entsprechend dem Schritt S12 ermittelt.

In einem Schritt S52 wird anschließend geprüft, ob der erste Sauerstoffgehalt O<sub>2</sub>\_1 repräsentativ ist für das Nicht-Vorhandensein von Abgasen im Bereich des Gasartsensors 42 und der zweite Sauerstoffgehalt O<sub>2</sub>\_2 repräsentativ ist für das Vorhandensein von Abgasen im Bereich des Gasartsensors. Ist die Bedingung des Schrittes S52 nicht erfüllt, so wird die Bearbeitung bevorzugt direkt erneut in dem Schritt S46 fortgesetzt. Ist die Bedingung des Schrittes S52 hingegen erfüllt, so wird in einem Schritt S54 der Korrekturwert KOR\_E für die Phase der ersten Nockenwelle 18 entsprechend dem Vorgehen des Schrittes S16 ermittelt. Durch eine geeignet kurze Aufeinanderfolge des wiederholten Abarbeitens der Schritte S46 bis S52 kann gewährleistet werden, dass, wenn sich die Rückströmung der Gase oder des Gases von dem Auslasstrakt 4 hin zu dem Ansaugtrakt 1 aufgrund des Verstellens der Phase

einstellt, sich in dem Auslasstrakt noch Abgas befindet und dieses dann zurück in den Bereich gesaugt wird, in dem der Gasartsensor 42 angeordnet ist.

- 5 Die Vorgabe-Phase PH\_G ist dann geeignet durch Versuche, Berechnungen oder Simulationen ermittelt, um die bei dem Eintragen des Erfülltseins der Bedingung des Schrittes S52 tatsächliche Phase der ersten Nockenwelle 18 zu repräsentieren.
- 10 Zum Ermitteln des Korrekturwertes KOR\_E können die Schritte und insbesondere die Bedingungen der Schritte S14, S34 und S52 beliebig miteinander kombiniert sein. Falls alternativ lediglich der zweiten Nockenwelle die Phasen-Verstelleinrichtung 20 zugeordnet ist, so können entsprechende Programme für die zweite Nockenwelle vorgesehen sein. Falls sowohl der ersten als auch der zweiten Nockenwelle entsprechende Phasen-Verstelleinrichtungen 20 zugeordnet sind, so werden bevorzugt für jede der Nockenwellen 18, 18' eigene Korrekturwerte mittels entsprechender Programme ermittelt.
- 15 20 Dazu ist bevorzugt jeweils die der jeweils anderen Nockenwelle 18, 18' zugeordnete Phasen-Verstelleinrichtung in einer Referenzposition, wie beispielsweise bei einem mechanischen Anschlag.

## Patentansprüche

1. Verfahren zum Ermitteln einer Phase einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1), einem Auslasstrakt (4),  
5 mindestens einer Nockenwelle (18, 18'), die auf Gaswechselventile einwirkt und deren Phase zu einer Kurbelwelle (8) mittels einer Phasen-Verstelleinrichtung (20) verstellbar ist, und mit mindestens einem Sensor, abhängig von dessen Messsignal eine ermittelte Phase ( $PH_E$ ) ermittelt wird, bei  
10 dem
  - die Phasen-Verstelleinrichtung (20) solange im Sinne eines Verstellens der Phase der Nockenwelle (18, 18') angesteuert wird, bis eine Rückströmung von Gas aus dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, und
  - abhängig von der dann zugeordneten ermittelten Phase ( $PH_E$ ) und einer vorgegebenen Vorgabe-Phase ( $PH_G$ ) ein Korrekturwert ( $KOR_E$ ) ermittelt wird und
  - im folgenden Betrieb die jeweils ermittelte Phase ( $PH_E$ ) abhängig von dem Korrekturwert ( $KOR_E$ ) korrigiert wird.
  
- 20 2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, abhängig von einem Saugrohrdruck ( $P_{IM}$ ).
  
- 25 3. Verfahren nach Anspruch 2, bei dem die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, wenn der Saugrohrdruck ( $P_{IM}$ ) unter vorgegebenen Betriebsbedingungen einen vorgebbaren Saugrohrdruck-Schwellenwert ( $THD(P_{IM})$ ) überschreitet.
  
- 30 4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei dem die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, wenn eine Amplitude einer Position des Saugrohrdrucks ( $P_{IM}$ ) einen vorgebbaren Pulsationsschwellenwert ( $THD_{PULS}$ ) überschreitet.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, abhängig von einer Temperatur ( $T_{IM}$ ) des Gases in dem Ansaugtrakt (1).

5

6. Verfahren nach Anspruch 5, bei dem die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, wenn die Temperatur ( $T_{IM}$ ) des Gases im Ansaugtrakt (1) einen vorgebbaren Temperaturschwellenwert ( $THD_T_{IM}$ ) überschreitet .

7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, abhängig von einer Temperatur des Gases in dem Auslasstrakt (1) und zwar, wenn während eines Betriebszustands der Brennkraftmaschine ohne Zumessung von Kraftstoff die erfasste Temperatur von einem Wert, der repräsentativ ist für das Nicht-Vorhandensein von Abgasen, sich zu einem Wert verändert, der repräsentativ ist für das Vorhandensein von Abgasen.

8. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, wenn die Temperatur des Gases im Auslasstrakt (1) einen vorgebbaren weiteren Temperaturschwellenwert überschreitet .

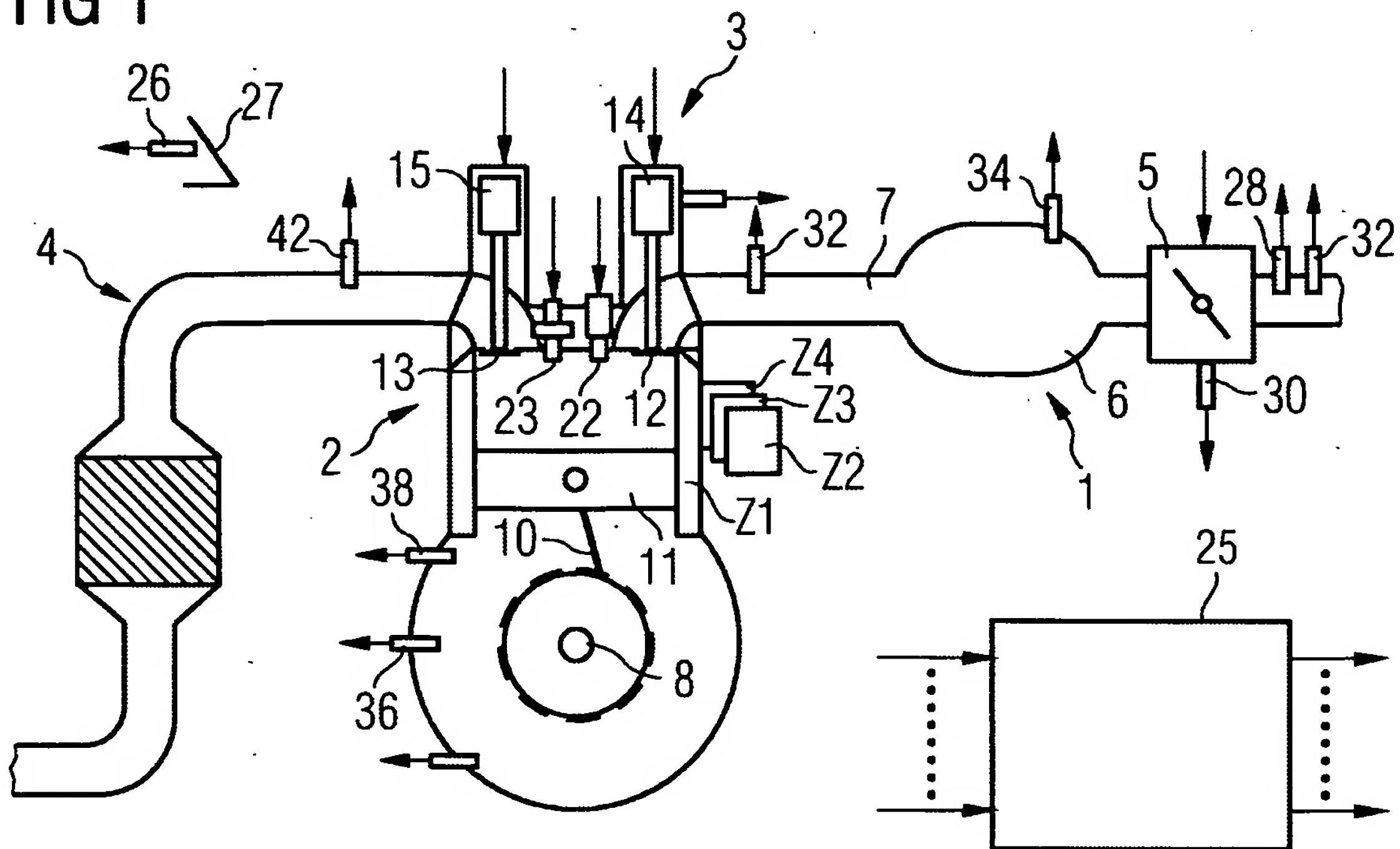
9. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Brennkraftmaschine ein Gasartsensor (42) in dem Abgas- trakt (4) zugeordnet ist, dessen Messsignal repräsentativ ist für ein Vorhandensein oder Nicht-Vorhandensein von Abgasen im Bereich des Gasartsensors (42),  
- bei dem die Rückströmung des Gases von dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, wenn während eines Be- triebszustands der Brennkraftmaschine ohne Zumessung von Kraftstoff das Messsignal des Gasartsensors (42) von einem Messsignalwert, der repräsentativ ist für das Nicht-

Vorhandensein von Abgasen, sich zu einem Messsignalwert verändert, der repräsentativ ist für das Vorhandensein von Abgasen.

- 5 10. Vorrichtung zum Ermitteln einer Phase einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1), einem Auslasstrakt (4), mindestens einer Nockenwelle (18, 18'), die auf Gaswechselventile einwirkt und deren Phase zu einer Kurbelwelle (8) mittels einer Phasen-Verstelleinrichtung (20) verstellbar
- 10 ist, und mit mindestens einem Sensor, abhängig von dessen Messsignal eine ermittelte Phase ( $PH_E$ ) ermittelt wird, wobei die Vorrichtung ausgebildet ist zum
  - Ansteuern der Phasen-Verstelleinrichtung (20) solange im Sinne eines Verstellens der Phase der Nockenwelle (18, 18'), bis eine Rückströmung von Gas aus dem Auslasstrakt (4) in den Ansaugtrakt (1) erkannt wird, und
  - Ermitteln eines Korrekturwertes ( $KOR_E$ ) abhängig von der dann zugeordneten ermittelten Phase ( $PH_E$ ) und einer vorgegebenen Vorgabe-Phase ( $PH_G$ ) und
  - Korrigieren der jeweils ermittelten Phase ( $PH_E$ ) im folgenden Betrieb abhängig von dem Korrekturwert ( $KOR_E$ ).

1/4

**FIG 1**



**FIG 2**

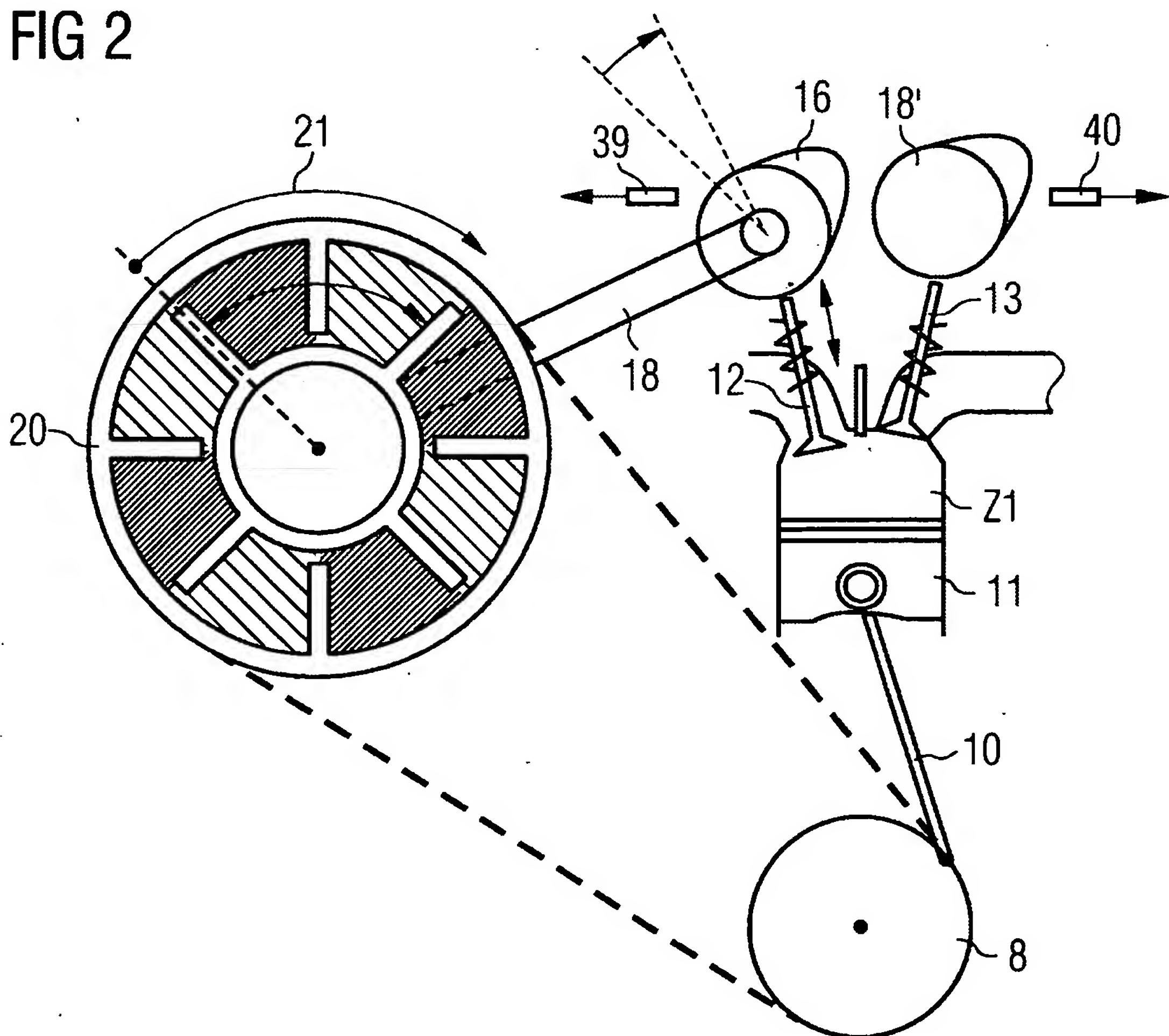


FIG 3

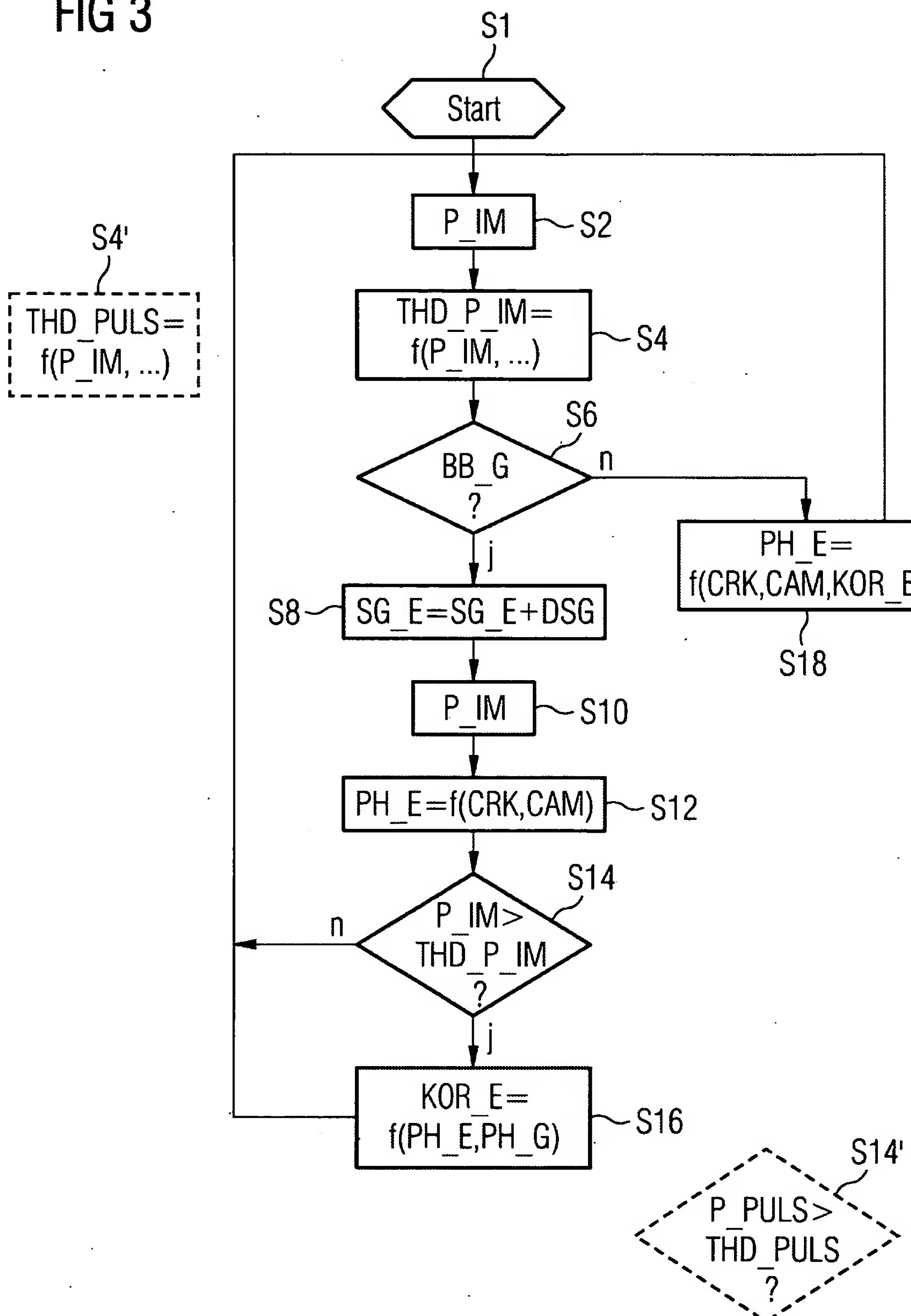


FIG 4

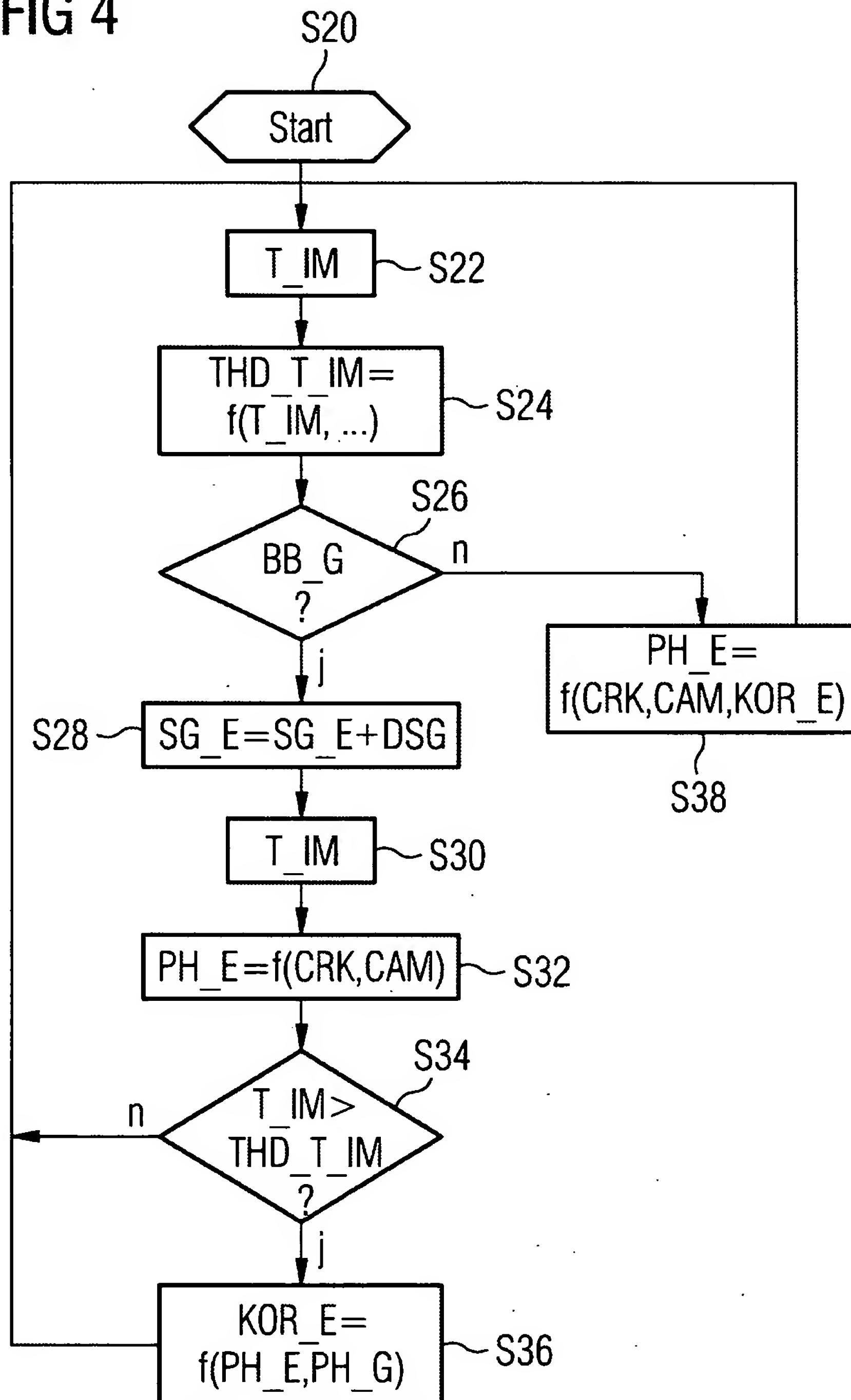


FIG 5

